中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）44(4)：499～514（1995）

微波爐應用於穀物含水率之量測研究[1]

陳加忠　曹之祖[2]

摘要：此研究中以家用 Panasonic NW-7360型微波爐進行稻穀等穀物含水率快速量測之研究。以烤箱法所量測之含水率爲標準值。研究結果顯示微波爐的輸出功率與乾燥時間爲影響量測準確性的主要因子。高含水率的穀物較適用此項技術。利用420W 的作業功率與14.0至15.0分鐘的作業時間，量測稻穀含水率可得到最準確的量測結果，量測值與標準烤箱法之差異爲±1.5%。

關鍵詞：微波爐、含水率、稻穀。

穀物含水率的量測作業爲農產品加工中最基本之工作。在乾燥、倉貯、混合、礱穀、包裝等作業中，含水率量測準確性對於加工作業之性能影響極大，因此各種含水率測定方法之量測性能爲值得研究之主題。

穀物含水率之量測技術主要有直接法與間接法[16]。前者係直接將水份驅除於穀物之外，而量測前後重量以計算含水率。後者係量測穀物內部之物理等特性，以該物性與含水率之關係，加以換算量測含水率。國內穀物水份量測技術之相關研究中，直接法包括紅外線加熱法[1]，烤箱加熱技術[4]。在間接量測技術方面，包括電阻式水份計[5]，電容式水份計[7]與近紅外線水份計[6]。在循環式乾燥機之線上水份計之開發研究方面，亦有電阻式水份計之研究[3]，並已完成商品化之生產。在倉貯穀物貯存環境之監控方面，利用電子式溫濕度計量測貯存穀物之溫度與相對濕度，再換算爲含水率之技術也已完成開發應用[4]。間接法的優點如下：快速、簡易，但準確度不良，且受品種，收穫年代與機型之間相異性因子所影響[5,6,7]。直接法中常用之技術爲加熱法，利用熱力使穀物乾燥。在加熱法技術研究中，紅外線加熱法無法確保完全蒸發水份，且所需時間高達二十分鐘至三十分鐘，已失去了快速測定之意義。利用熱風之烤箱加熱技術所得之量測值其準確性與精密性最佳[4]，因此此技術被採用爲比較基準。在加熱乾燥技術方面，由於微波爐之應用日益普及方便，利用微波爐進行穀物含水率之測定作業已逐漸爲研究人員執行研究，美國農業工程學會之工程標準（ASAE Standard）爲例，在牧草之水份量測中，已列舉利用烤箱與微波爐之兩項方法[9]。

利用微波爐以進行農產品水份量測之技術主要可分爲兩項：(一)採用微波爐如同烤箱技術，以微波加熱方式去除樣本水份，再以前後重量計算含水率[10,14,15,16,19,22]。(二)以間接方式，量測穀物於一特定條件下微波爐加熱後之溫度上昇程度，建立溫度差與含水率等其他因子之函數關係，再以此公式估算含水率[11,12,13,23,24]。

---

1. 臺灣省農業試驗所　研究報告第 1818 號。
2. 本所農工系副研究員、技士。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。

國內之研究中，馮氏[4]曾於稻米倉儲加工作業技術手冊中稻穀乾燥原理章節內介紹微波爐之應用於高含水率穀物之量測：1. 稱取約600g 樣本。2. 置於微波爐內以高強波烘乾約一分鐘。3. 常溫內冷卻五分鐘後再稱重。4. 再以電容式或電阻式水份計測定水份。

應用微波加熱農產品時，微波的能量引起農產品內部雙極化份子（dipolar molecules）以極快速率加以振動，分子的振動引起了內部的摩擦而產生熱能。農產品內部中主要分子成份爲水份子，因此含水率愈高的農產品，利用微波加熱之熱效率愈高。

Click 與 Baker 氏[14]利用微波爐兩種功率（360與720W）進行農產品水份測定，並以熱風烤箱法所量測含水率值爲性能比較基準。微波乾燥所用樣本爲20g，時間20分鐘。實驗結果顯示對牧草而言，含水率範圍爲80～82%，兩種方法並無差異。玉米穗之樣本水份爲36%，100%功率引起樣本燃燒，而以50%之功率而言，作業的結果微波爐量測之水份顯著低於標準值。大豆樣本含水率爲13.10%，微波乾燥只適用50%功率，量測值顯著低於標準值。玉米粒之樣本爲28.5%，在36分鐘之乾燥時間後，量測值低於標準值達2.4%。

Farmer 與 Brusewitz 氏[15]利用25g 牧草樣本以微波爐加熱10分鐘，用以測定含水率。其結果發現微波爐法量測值低於烤箱法量測值，延長乾燥時間對減少誤差性並無助益。樣本含水率愈高，量測值愈準確。樣本含水率範圍自28.6至70.5%。測定之含水率(Mt)與微波爐所用之時間(t)有如下之經驗方程式：$Mt=A-B*Exp(-C*t)$，A，B，C 三個參數由樣本重量與樣本之含水率所決定。

Sverzut 與 Verma 氏[19]以微波爐加熱方式測定甘蔗碎片之含水率，量測所得水份值與烤箱法之結果並無差異，測定方式係以18g樣本，含水率範圍爲66—75%。所用微波爐最大功率爲720W，可區分爲10級，試驗時利用 5 級至 9 級功率。測定過程中所得含水率(Mt)與微波爐所用時間(t)之經驗公式爲 $Mt=A+B*Ln(t)$，A 與 B 兩參數受到微波爐所用功率大小、樣本含水率等因子所影響。以 7 分鐘之加熱時間足夠去除樣本之水份。

Balascio 氏[10]利用微波爐技術測定泥煤苔（Peat Moss）介質之水份含量，所用樣本爲15g，所用時間爲15與20分鐘，功率爲720W。試驗結果顯示量測值(Ma)與眞實值(Mo)有直線關係：$Ma=A+Mo*A$ 值受到所用功率與時間所影響。樣本含水率自47至64%。

Noomhorm 與 Verma 氏[18]比較微波爐與烤箱技術對於稻穀滿分量測性能之差異性。利用微波爐取代烤箱之目的在於要求具有簡易、快速且維持準確之特性。所用微波爐功率爲720W。並在內部放置石棉吸收板（Asbestos board）以吸收多餘能量。研究結果顯示對整粒穀粒而言，由於所需作業時間過長或是作用功率過高，樣本在未完全失去水份時已經焦化燃燒。將稻穀磨碎之後，以100%功率作業14分鐘，其量測結果與烤箱法（130°C，16小時）最爲相近，微波爐法量測值約低於烤箱法0.4～1.3%。稻穀水份以量測值(Mt)與量測時間(t)之經驗方程式爲 $Mt=Exp〔A*T^b〕$。

Verma 與 Noomhorm 氏[21]研究高粱葉、小麥、大豆與稻穀利用微波爐量測含水率之可行性。量測含水率(Mt)與所用時間之關係爲 $Mt=Exp〔A*t^b〕$。高粱葉所適用功率爲720W，對含水率高於50%之樣本，量測性能無顯著誤差。小麥與大豆在粉碎後以80%的功率可得到最佳結果，作業時間小麥爲24分鐘，大豆爲16分鐘，在低含水率範圍，量測值近於烤箱量測標準值，高含水率範圍，量測值則低於標準值約1.0%。稻穀之量測作業最佳狀況爲磨碎之樣本以10%功率加熱14分鐘。

Hanna 與 Sharma 氏[17]在大豆含水率微波爐量測技術研究中，利用25g 之樣本，作業功率爲620W 進行水份乾燥。樣本含水率範圍自9.31至33.2%。利用微波爐作業去除水份所需時間(t)因實

際含水率(Mo)而不同，經驗公式爲 $t=a*EXP(b*Mo)$，量測水份值略低於烤箱法標準值0.5至1.0%。

Wilhelm 等氏[22]的研究中利用675W 微波爐進行 Snap 豆的水份量測，所用功率爲30%，作用時間約12分鐘。所得含水率值顯著低於烤箱量測值。微波爐量測之水份值其影響因子爲所用功率，樣本大小，樣本放置位置與作業所用時間。

Casada 氏等[12]利用微波爐加熱因而引起樣本溫度昇高之關係，用以量測農產品之含水率。菸草葉片量測之樣本50g，使用時間78秒，菸葉含水率與樣本溫度增加量爲直線方程式。玉米粒200g，加熱50秒後，含水率與溫度增加量之關係函數爲包含五次式之多項式函數。Casada 氏等[14]的另一項研究結果顯示菸草葉片50g 樣本以625W 功率作用18秒後，樣本含水率與樣本所增加之溫度差之關係函數則爲二次多項式。利用此關係函數所得之迴歸標準差爲0.68%。Zhang 與 Brusewitz 氏[23,24]探討農產品受微波加熱後上昇溫度與含水率之關係式。其函數關係爲含三參數之二次多項式。樣本之含水率、重量、容器、大小與形狀，作業所用時間等因子都可影響關係函數之參數值。Turner 等人[20]則以此概念配合近紅外線溫度計，用以開發設計一套微波爐含水率自動測定器（Automated Microwave Oven Moisture Tester）。

綜合上述文獻資料可知，利用微波爐加熱以進行穀物含水率測定之技術尙未完善。然而利用微波爐技術有簡易、快速之特點，依含水率之定義，其計算公式（濕基）如下：

$$Mw=\frac{H}{D+H}=\frac{W_1-W_2}{W_1} \qquad (1)$$

Mw：含水率（%，濕基）

D：乾物重（g）

H：樣本水份重（g）

W_1：樣本最初重量（g）

W_2：樣本乾燥後重量（g）

由此公式可知準確的含水率量測取決於如下條件：

(一)樣本所含水份完全逸出。

(二)樣本所含乾物質未有損失。

利用微波爐進行穀物水份量測必須能夠滿足此兩項條件，方能得到準確之量測結果。國內之微波爐利用已日益普及，此研究之目的即在於以家庭用微波爐爲加熱工具，用以探討利用微波爐進行穀物量測之可行性。

材料與方法

一、研究所用設備

此研究所用之微波爐爲 Panasonic 牌，NW-7360型，最大功率爲720W，可調整爲600、420W 等功率。烤箱爲 Rost Fret 牌，溫度控制精密度爲±1°C。量測天平爲日製 A&D 牌，FA2000型，量測準確性爲0.01g。

二、測定材料

稻穀（臺梗8號），大豆（高雄改1號）、紅豆（愛加豆）、玉米粒（臺農1號）、高粱粒（臺中5號）。

三、研究方法

(一)材料準備

稻穀自田間收穫後以烤箱法105°C，72小時[4]量測最初含水率，再以乾燥設備烘乾至預定含水率，所用熱風溫度爲50°C左右。樣本水份範圍自13.5%至33%。乾燥完成之樣本在冷卻至室溫後均勻混合於塑膠袋內，再貯存於2°C之冷藏櫃內，實驗前24小時取出使其溫度與室溫相同。其餘四種作物係自田間收穫後置於實驗室內加以自然乾燥。

(二)標準含水率之測定

以烤箱加熱技術，利用前後量測重量加以計算，所得含水率以濕基表示。此研究中之含水率均以濕基表示。

(三)利用微波爐量測含水率

樣本每次量測重量約15g，置於小瓷皿上，微波爐所用功率爲720W，600W 與420W 三種，樣本爲整粒與碾碎兩種處理方式。水份量測前先稱取樣本重量。微波爐預熱 2 分鐘後，穀粒置於樣本皿，再置於微波爐內部進行乾燥處理。在到達預設時間後取出稱重，用以計算含水率。量測含水率 Ma(t)之計算方式如下：

$$Ma(t)=\frac{W_1-W_2(t)}{W_1} \qquad (2)$$

Ma(t)：表示微波乾燥所得量測含水率，與量測時間有關。

W_1：未乾燥前重量。

$W_2(t)$：特定作業時間(t)之後，樣本重量。

以烤箱法量測所得含水率 Mo 爲標準值，用以比較 Ma(t)之誤差現象。

結果與討論

一、所用功率對稻穀水份之量測影響

以15g 之全粒稻穀在微波爐內加熱作業時有焦化（Scorching）與燃燒（Burning）現象，而以 1 分鐘之作業時間則對水份去除幾乎無顯著影響，僅有局部加溫作用。因此以馮氏[8]所提出技術：以全粒高火力（800W）加熱 1 分鐘之水份乾燥方式，對此型微波爐並不適用。

全粒稻穀之焦化現象已造成受測樣本變化，因此並不適用，此結果與 Noonhorm 氏等[18]之研究結果相同。

以碾碎之穀物粒進行微波爐加熱試驗在720W 與600W兩種功率作業，未達到標準含水率之前，即有焦化現象。以720W 功率典型之水份量測結果如圖 1 所示。標準含水率爲29.4%，乾燥作業 5 分鐘後以微波爐量測所得含水率約爲26.5%，在乾燥作業進行至 6 分鐘後，樣本開始燃燒且焦黑。600W功率之典型量測結果如圖 2，樣本含水率爲25.9%，作業 8 分鐘時，樣本表面已有褐化斑點產生，顯示化學成份已受影響，在第 9 分鐘後開始燃燒。由 Noonhorm 氏等[18]與 Verma 氏等[21]之研究中，均顯示利用720W 功率對粉碎稻穀進行水份測定可得到良好的測定性能，然而此研究結果顯示以720W 與600W 加熱之功率均爲過高，僅有420W 功率方爲適用。此研究中樣本與照射燈源的距離爲30cm。

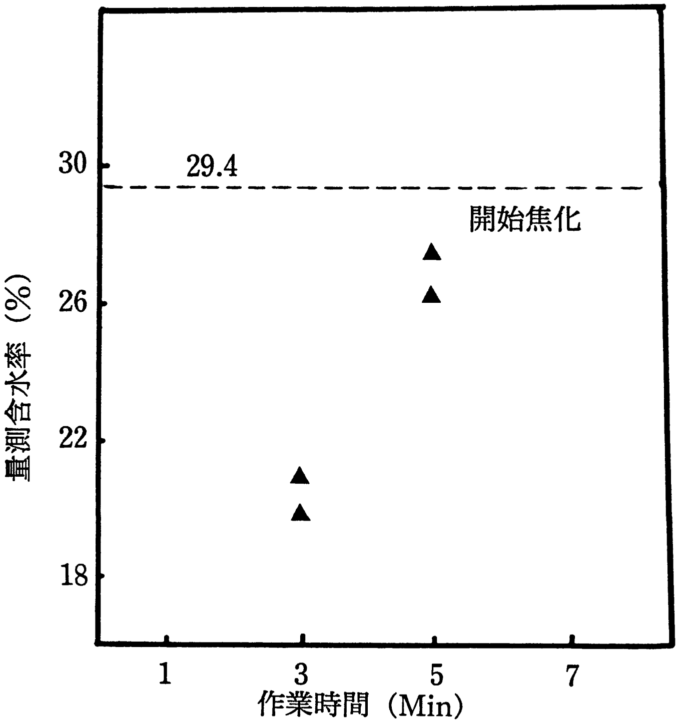

圖 1. 以720W 功率量測稻穀水份之性能
Fig. 1. Performance of the rough rice moisture determination by 720W power

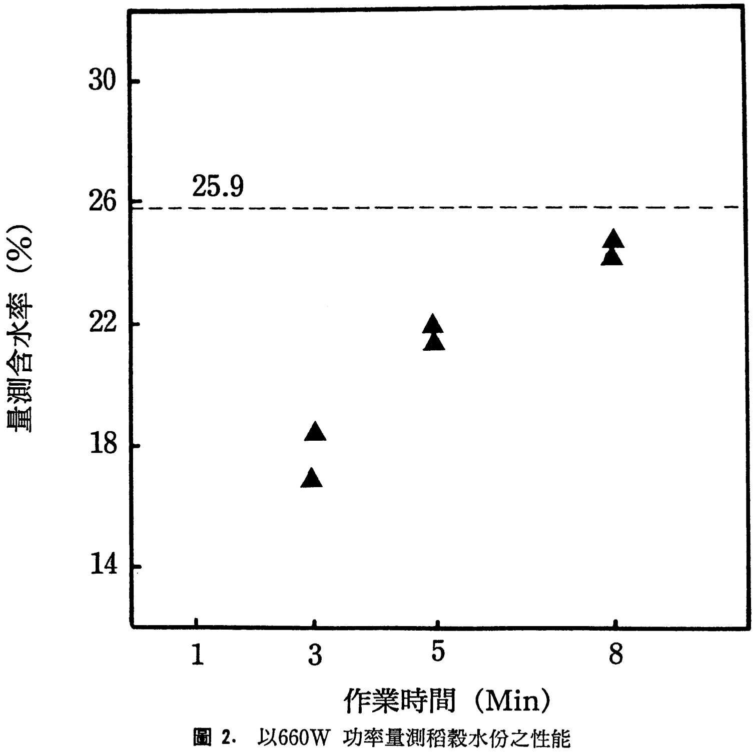

圖 2. 以660W 功率量測稻穀水份之性能
Fig. 2. Performance of the rough rice moisture determination by 660W power

二、作業時間之影響

碾碎稻穀在420W 作業功率下隨作用時間（t）所測得的含水率 Ma （t）其關係如圖 3、4、5、6。在圖 3 之中，作用時間14分鐘後，量測值 Ma 接近樣本含水率標準值，而作業時間增加則有高估之結果。

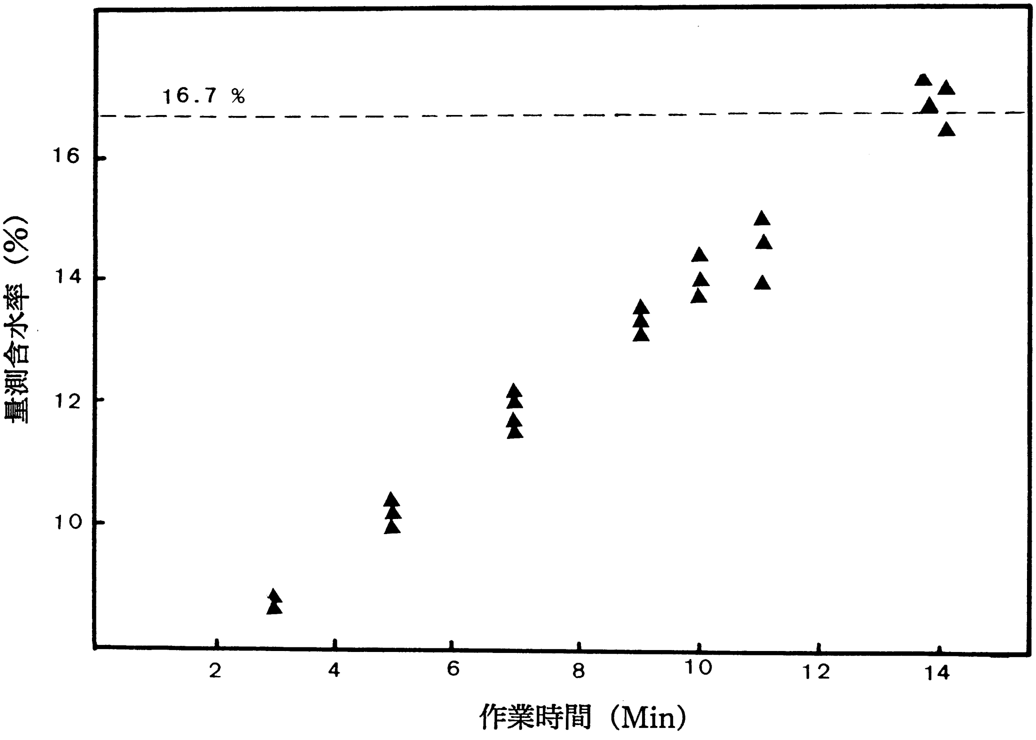

圖 3. 以420W 功率量測16.7%稻穀水份之性能

Fig. 3. Performance of the rough rice moisture determination of 16.7% by 420W power

量測值 Ma （t）與作業時間（t）之經驗，公式，依迴歸分析技術所得最適切（Adequate）方程式如下：

$$Ma\ (t) = 8.275 - 2.048 \ln(t) + 1.985(\ln(t))^2,\ R^2 = 0.985 \qquad (3)$$

Noonhorm 氏等[18]提出之經驗方程式形式為 Ma （t）＝Exp〔At^b〕，利用圖 3 數據分析結果：

$$Ma\ (t) = Exp\ [1.728\ t^{0.1844}],\ R^2 = 0.81 \qquad (4)$$

可知公式(4)對數據之符合性（Fitting of goodness）不如公式(3)。

以23.5%之樣本，測定所得性能如圖 4。作用時間高於18分鐘後，量測性能即有高估現象。量測值 Ma （t）與時間（t）之經驗公式如下：

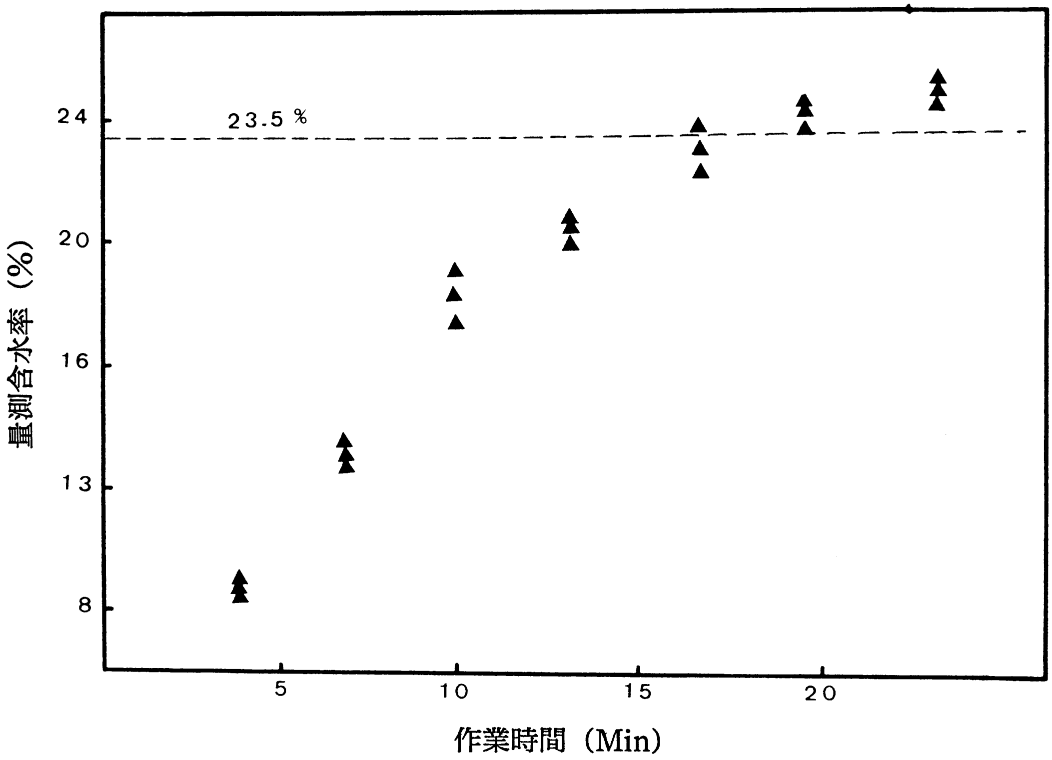

圖 4. 以420W 功率量測23.5%稻穀水份之性能

Fig. 4. Performance of the rough rice moisture determination of 23.5% by 420W power

$$Ma(t)=0.564-13.21n(t)+0.855(1n(t))^2,\ R^2=0.982 \quad (5)$$

$$Ma(t)=Exp〔1.609\ t^{0.230}〕,\ R^2=0.912 \quad (6)$$

公式(5)顯著優於公式(6)。

高含水率之樣本（29.6%與32.8%）其量測結果如圖 5、6。可知含水率較高的稻穀，在微波爐加熱作用超過一段時間後，量測值趨向穩定，未有過度高估現象。Ma（t）與 t 值之關係函數仍以包含時間對數轉換值之二次多項式最好。

含水率29.6%時，

$$Ma(t)=-9.54+24.481n(t)+3.687(1n(t))^2,\ R^2=0.991 \quad (7)$$

含水率32.8%時，

$$Ma(t)=-12.516-30.9271n(t)+5.458(1n(t))^2,\ R^2=0.99 \quad (8)$$

量測時間過長時，對量測含水率影響不大，顯示利用微波爐加熱量測含水率，對於高含水率樣本特別適用，此結果與前人研究相同[10,19]

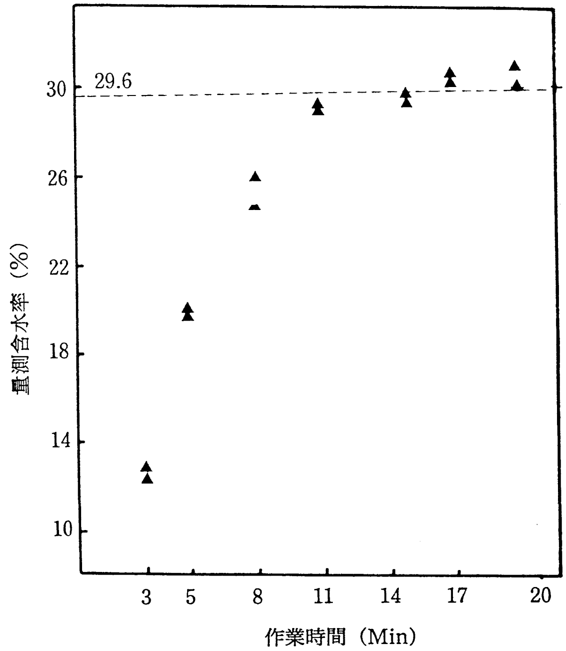

圖 5. 以420W 功率量測29.6%稻穀水份之性能
Fig. 5. Performance of the rough rice moisture determination of 29.6% by 420W power

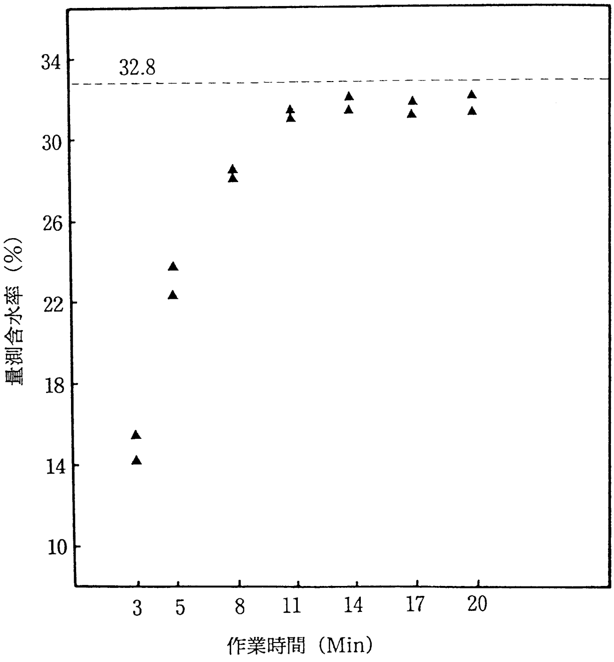

圖 6. 以420W 功率量測32.8%稻穀水份之性能
Fig. 6. Performance of the rough rice moisture determination of 32.8% by 420W power

三、含水率適當之量測時間

由微波爐測定稻穀含水率與量測時間之測定數據，以下列型式方程式最能適切表達兩者之關係：

$$Ma(t)=A\,[\ln(t)]^2+B\cdot\ln(t)+C \qquad (9)$$

以此研究中所用樣本烤箱測定含水率與三參數值之關係圖形有顯著之直線關係，A 與 B 參數值與含水率之關係如圖 7、8。B 與 C 值含水率 Mo 之迴歸方程式如下：

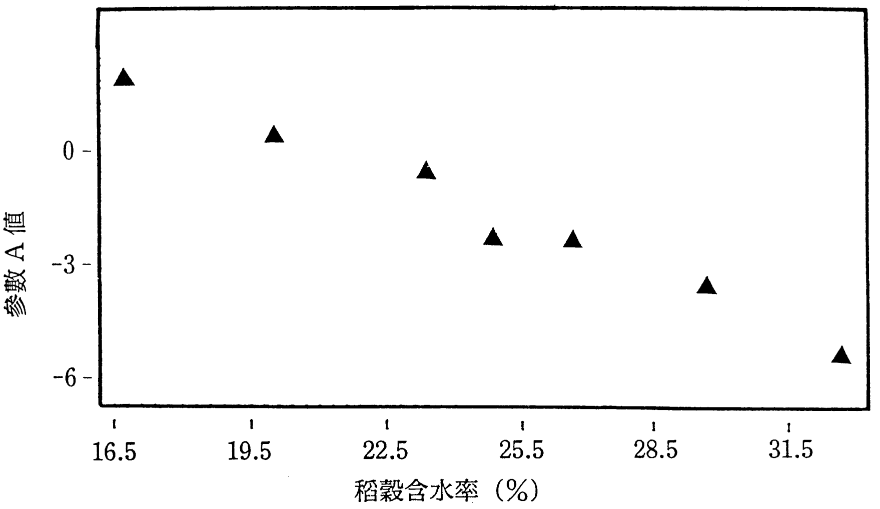

圖 7. 參數 A 值與稻穀含水率之關係

Fig. 7. Relationship between parameter A values and moisture content of rough rice

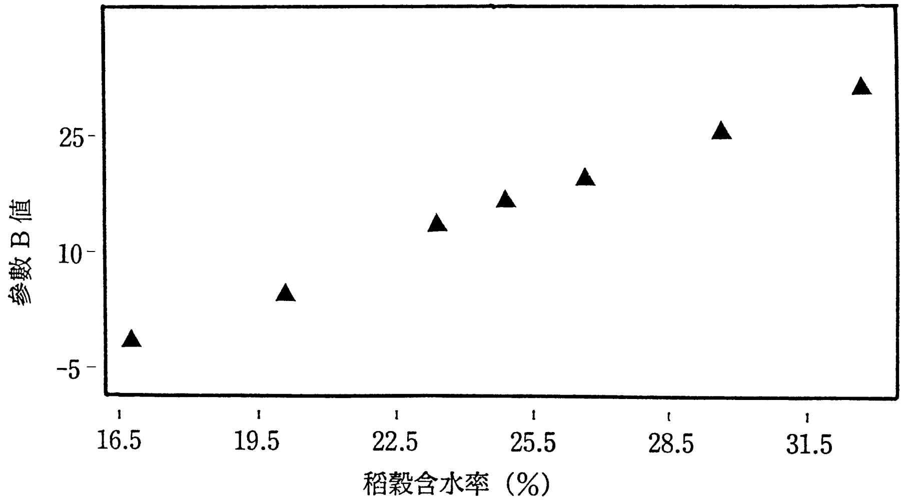

圖 8. 參數 B 值與稻穀含水率之關係

Fig. 8. Relationship between parameter B values and moisture content of rough rice

$$A=9.477-0.4527*Mo，R^2=0.97 \qquad (10)$$

$$B=-35.48-2.055*Mo，R^2=0.995 \qquad (11)$$

$$C=26.48-1.237*Mo，R^2=0.956 \qquad (12)$$

綜合公式 9～12，可知以420W 功率乾燥穀物水份，其測定水份值與樣本水份含量（Mo），作業時間（t）之特定經驗公式如下：

$$Ma(t)=(9.477-0.4527*Mo)*(\ln(t))^2+(-35.48+2.055*Mo)*\ln(t)+26.48-1.237*Mo \quad (13)$$

以公式(13)計算所得稻穀在不同水份時，其量測含水率與作業時間之關係圖形如圖 9。

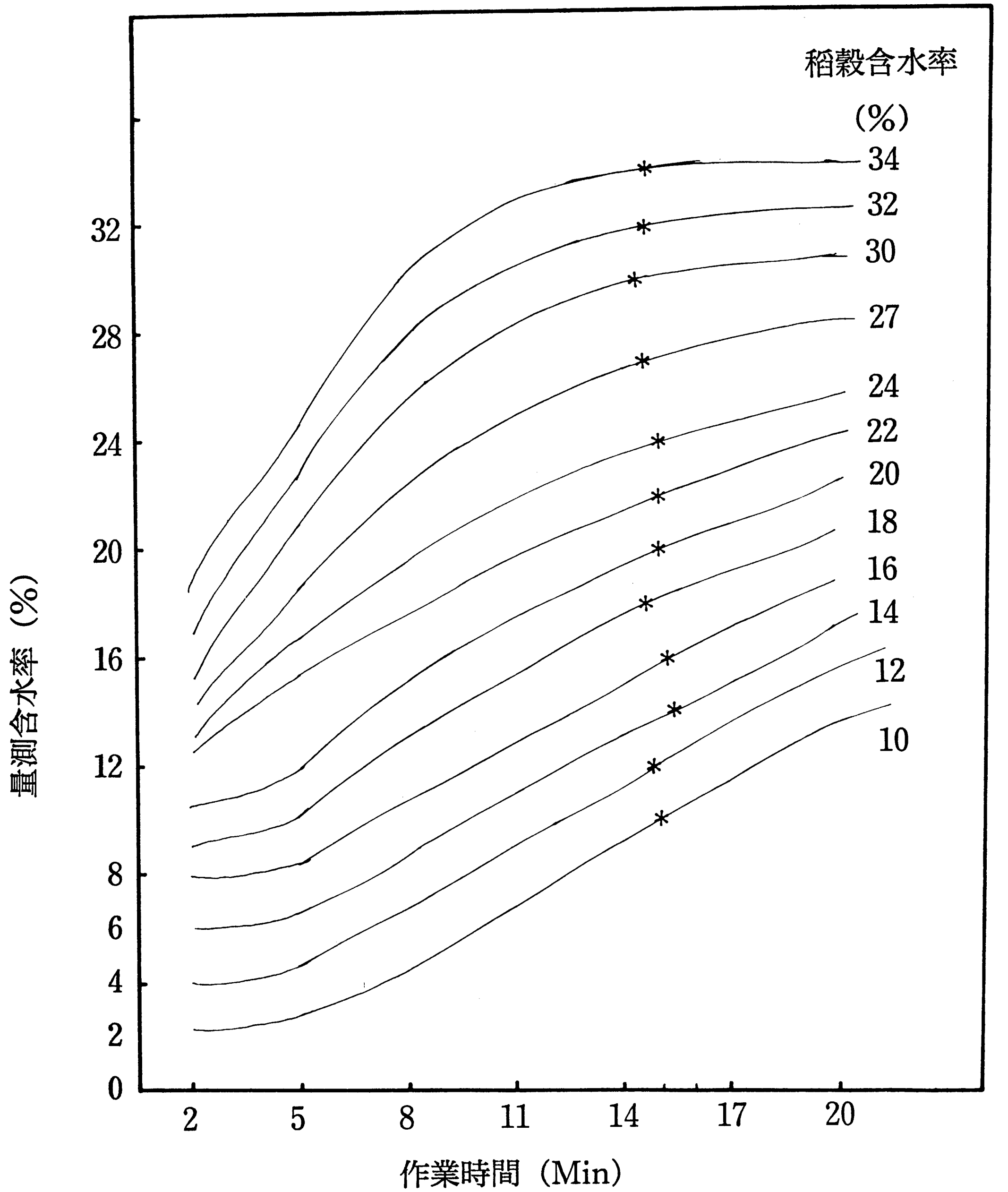

圖 9. 作業時間，量測含水率與稻穀含水率之關係
Fig. 9. Relationship between the operating time, measuring moisture and moisture content of rough rice

在實際應用上，微波爐加熱所用時間對性能影響極大，以 Mo 值代入公式(13)之 Ma (t) 值，由此可計算在各水份含量下，微波量測所得含水率與烤箱量測值相同時所需時間，以樣本含水率20%時爲例，代入公式(13)所得方程式如下：

$$0.423(\ln(t))^2+5.621\ln(t)-18.26=0 \qquad (14)$$

此爲以ln (t) 爲未知數之二次方程式，以代數方法可解 t=14.9min。

含水率與所需作業時間以星號標於圖 9，可知作業時間14.0～15.0分鐘時，所得測定結果最爲接近標準值。

Noonhorm 氏等[18]與 Verma 氏等[21]之研究結果推薦稻穀以微波爐測定之作業技術如下：碾碎樣本，以720W 功率，作用14.0分鐘。此研究結果中臺粳 8 號以微波爐量測水份之技術爲碾碎樣本，420W 作業功率，作用時間14～15分鐘。兩者技術之差異點在於微波爐作業功率。前人之研究作用廠牌爲 Toshiba，Model ER-899，此研究所用廠牌爲 Panasonic MW-7360型。不同機型之影響性應有更詳細之探討。

四、四種作物之量測性能

玉米粒、高粱、紅豆與大豆四類作物樣本碾碎後以420W 功率量測含水率所得結果如圖10—13。

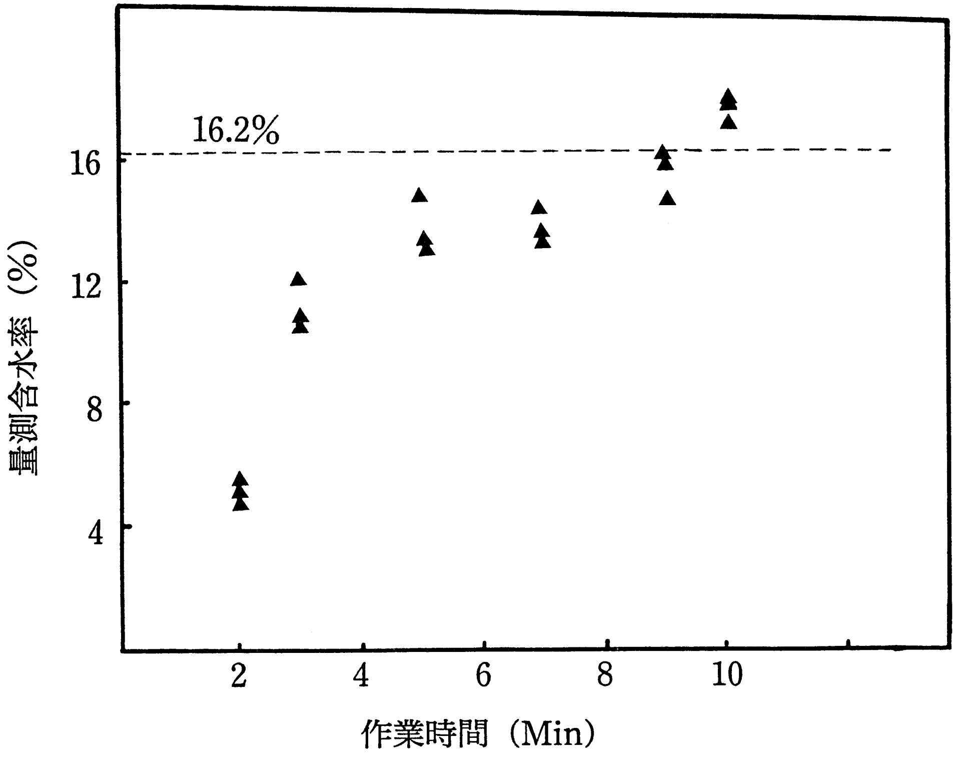

圖 10. 以420W 功率量測玉米粒水份之性能
Fig. 10. Performance of the moisture determination for corn kernels by 420W power

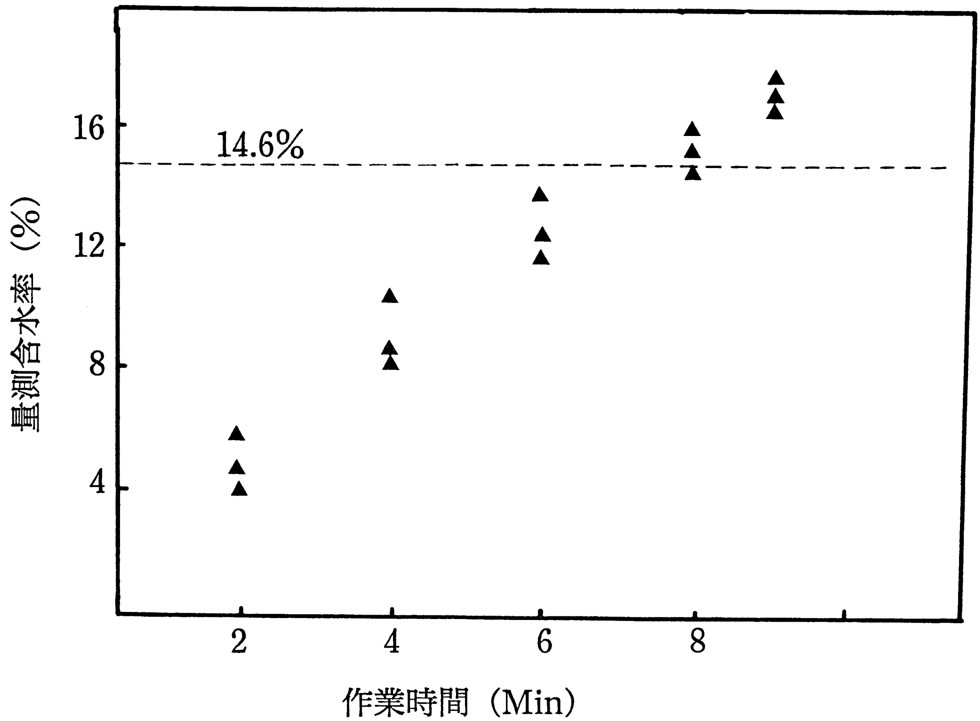

圖 11. 以420W 功率量測高粱粒水份之性能
Fig. 11. Performance of the moisture determination for sorghum kernels by 420W power

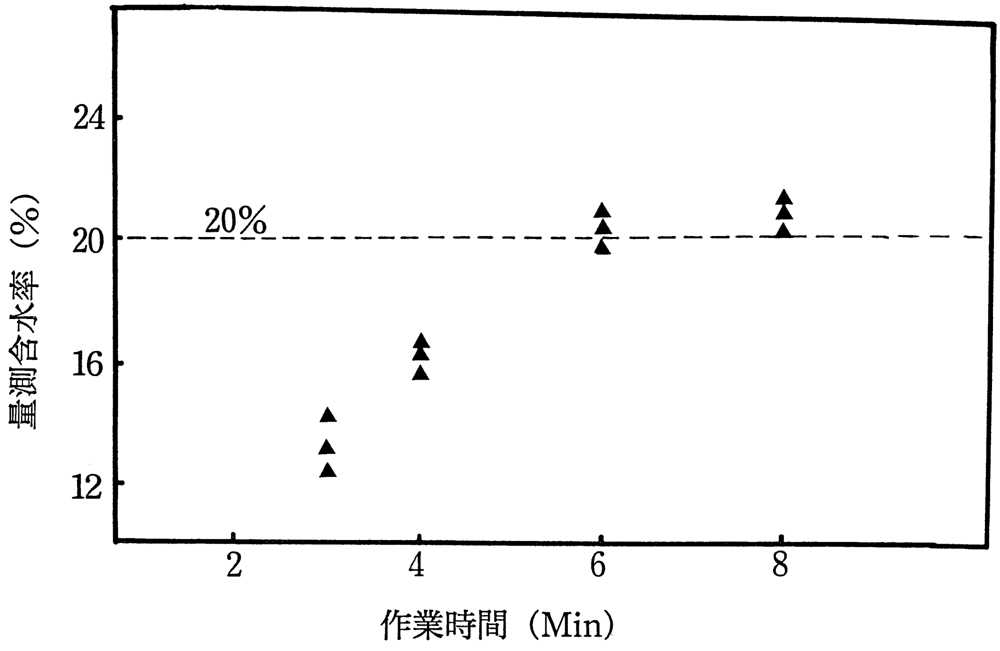

圖 12. 以420W 功率量測紅豆水份之性能
Fig. 12. Performance of the moisture determination for red beans by 420W power

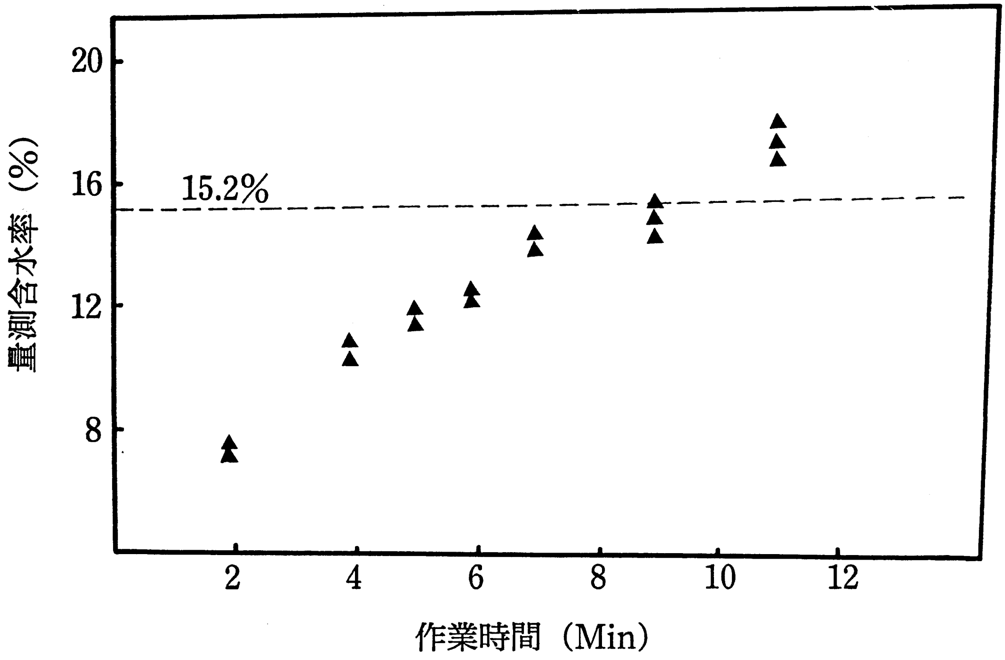

圖 13. 以420W 功率量測大豆水份之性能
Fig. 13. Performance of the moisture determination for soybeans by 420W power

各作物之水份量測值 Ma (t) 與作業時間之關係如下：

1. 玉米粒：

$$Ma(t)=-6.14+19.88\ln(t)-4.75(\ln(t))^2, \tag{15}$$

作用10分鐘後量測值開始有高估現象。

2. 高粱粒：

$$Ma(t)=-2.61+1.60\ln(t)+2.045(\ln(t))^2, \tag{16}$$

作用時間在 8 分鐘後有高估現象。

3. 紅　豆：

$$Ma(t)=-11.22+29.095\ln(t)-6.603(\ln(t))^2, \tag{17}$$

作用時間不得高於10分鐘。

4. 大　豆：

$$Ma(t)=-6.79+0.408\ln(t)+1.905(\ln(t))^2, \tag{18}$$

作用時間均不得高於10分鐘。

由此可知，四類作物其微波量測含水率與作業時間 (t) 之適切經驗公式雖然與稻穀相同：$Ma(t)=A(\ln(t))^2+B\cdot\ln(t)+C$，但其最佳作業時間則顯著不同於稻穀，以14.0分鐘之作業時間，對此四類作物將造成過度高估之現象。由此可知利用微波爐取代烤箱進行含水率量測之技術，雖然具有簡易、快速之特點，但其作業技術受到樣本種植、樣本處理、作業功率、作業時間、樣本量、樣本照射時是否旋轉、樣本與光源之距離、樣本與光源之照射角度等因素所影響。

結　論

綜合研究結果，所得結論如下：

一、利用 Panasonic NW-7360型微波爐進行稻穀水份量測時，全粒穀物容易焦黑燃燒。研碎之樣本適當的功率爲420W，作業時間爲14.0～15.0分鐘，量測值與標準烤箱法之差異爲±1.5%。

二、微波爐法所量測之稻穀含水率（M）與作業時間（t）之經驗公式爲時間對數轉換值之二次多項式，形式爲：$Ma(t)=A(\ln(t))^2+B\cdot\ln(t)+C$。此公式中三個參數與樣本實際含水率爲高度相關之線性關係。A，B 與 C值含水率 Mo 之迴歸方程式如下：$A=9.477-0.4527*Mo$，$B=-35.48-2.055*Mo$，$C=26.48-1.237*Mo$。

三、玉米粒、高粱粒、大豆與紅豆等作物以相同設備進行水份量測，其所需作業時間顯著不同於稻穀。各作物之微波爐量測技術需要深入探討。

引用文獻

1. 陳加忠、曹之祖、陳麗娥。1991。稻穀水份計性能之測定與應用限制。中華農業研究 40：445—458。
2. 陳加忠、曹之祖。1993。電子相對濕度計應用於穀物含水率之測定技術。農業工程學報 39：97—102。
3. 陳加忠、雷鵬魁、曹之祖、陳志昇。1993。循環式乾燥機線上型電阻式水份計之開發試驗。農業機械學刊 2(3)：39—44。
4. 陳加忠、曹之祖、雷鵬魁。1995。稻穀含水率測定烤箱技術之研究。農業工程學報：59—70。
5. 陳加忠、曹之祖。1995。電阻式穀物水份計之檢測。中華農業研究 44：排版中。
6. 陳加忠、雷鵬魁、曹之祖、陳志昇。1995。近紅外線穀物水份計量測性能之研究。農業工程學報：排版中。
7. 陳加忠、曹之祖、雷鵬魁。1995。電容式水份計應用於高含水量穀物之量測研究。農業工程學報：排版中。
8. 馮丁樹。1994。稻穀乾燥原理。稻米倉儲加工作業技術手册第一輯一稻穀乾燥。1—16頁。農機研究發展中心。臺北。
9. ASAE Standards, 39th ed. 1992. S358.2. Moisture measurement-forages. St. Joseph, MI：ASAE.
10. Balascio, B. 1992. Calibration of microwave-oven drying techniques versus air-oven methods for measurement of peat moss moisture content. Applied Engineeing in Agriculture 8(2)：197—200.
11. Brusewitz, G. H. 1984. Microwave drying for moisture determination with accuracy related to temperature. Trans. of the ASAE 27：1217—1211.
12. Casada, M. E., L. R. Walton, L. D. Swetnam and J. H. Casada. 1983. Moisture content as a function of temperature rise under microwave radiation. Trans. of the ASAE 26：907—911.
13. Casada, M. E. and L. R. Walton. 1985. Tobacco moisture content determination by microwave heating. Trans. of the ASAE 28：307—309.
14. Click, L. S. and C. J. Baker. 1980. Moisture determination of agricultural products using a microwave oven. ASAE Paper No. 80—3050 ASAE, St. Joseph, MI.
15. Farmer, G. S. and G. H. Brusewitz. 1980·Use of home microwave oven for rapid determination of moisture in wet alfalfa. Trans. of the ASAE 23：170—172.
16. Grabe, D. F. 1989. Measurement of seed moisture. P. 69—92. In Seed Moisture. CSSA Special Publication No. 14. Crop Science Society of American, Madison WI. USA.
17. Hanna, M. A. and N. Sharma. 1998. Microwave oven drying for soybean moisture determination. Trans. of the ASAE31：1851—1854.
18. Noonhorm, A. and L. R. Verma. 1982. A comparison of microwave, air oven and moisture meters with the standard method for rough rice moisture determination. Trans. of the ASAE25：1464—1470.

19. Sverzut. C. B. and L. R. Verma. 1986. Microwave analysis of shredded sugarcane. Applied Engineering in Agriculture 2(2) : 215—219.

20. Turner, G. M., Collins, O. J., Yeoman, and M. Rahmati. 1991. Automated microwave oven moisture tester. ASAE Paper91—3538. ASAE, St. Joseph, MI.

21. Verma, L. R. and A. Noonhorm. 1983. Moisture determination by microwave drying. Trans. of the ASAE 26 : 935—939.

22. Wilhelm, L. R., D. R. Perrin and D. J. Barber. 1988. Evaluation of methods for moisture content determination in Snap beans. Trans. of the ASAE 31 : 956—961.

23. Zhang, X. and G. H. Brusewitz. 1990. Corn moisture measurement by infrared thermometry. Trans. of the ASAE 33 : 553—558.

24. Zhang, X. and G. H. Brusewitz. 1991. Grain moisture measurement by microwave heating. Trans. of the ASAE 34 : 246—250.

Moisture Determination of Rough Rice and Other Grains by A Microwave Oven[1]

Chia-Chung Chen and Chih-Tsu Tsao[2]

Summary

Rough rice and other grains were dried by a household Panasonic NW-7360 microwave oven for rapid moisture deterimination. Moisture determinated by a heating air oven was used as a reference. As a result of the study, the drying period and power output of the microwave oven were the dominant factors to obtain the accurate measurement. Higher moisture samples had the better performane for this technique. A period of time from 14.0 to 15.0 minutes was adequate to determine the moisture content in ground state for rough rice with the 420W power supply of microwave oven.

Key words: Microwave oven, Moisture, Rough rice.

1. Contribution No. 1818 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Respectively Associate Researcher, Specilist. Department of Agricultural Engineering, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.